

日本国特許庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出願年月日 2002年11月 1日
Date of Application:

出願番号 特願2002-319872
Application Number:

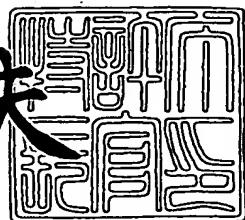
[ST. 10/C] : [JP2002-319872]

出願人 日本航空電子工業株式会社
Applicant(s):

2003年10月14日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今井康夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 JAE02N6956

【提出日】 平成14年11月 1日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 G01C 19/72

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本航空電子工業株式会社内

【氏名】 大野 有孝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号 日本航空電子工業株式会社内

【氏名】 白井 竜治

【特許出願人】

【識別番号】 000231073

【氏名又は名称】 日本航空電子工業株式会社

【代理人】

【識別番号】 100066153

【弁理士】

【氏名又は名称】 草野 卓

【選任した代理人】

【識別番号】 100100642

【弁理士】

【氏名又は名称】 稲垣 稔

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002897

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9708750

【プルーフの要否】 要

【書類名】明細書

【発明の名称】光ファイバジャイロ

【特許請求の範囲】

【請求項1】光源からの光を光ファイバに入射せしめ、光ファイバカプラを通過させて偏光子の機能と分岐光導波路とを有する基板型光集積回路に導入し、その光集積回路で分岐された光を光ファイバコイルの両端に右回り光及び左回り光として入射させ、光ファイバコイルを伝搬したその両光を光集積回路で再び合波し干渉させ、その干渉光を光ファイバカプラから受光器に導入してその強度を電気信号に変換し、その電気信号から光ファイバコイルの軸方向回りに印加される回転角速度を検出する光ファイバジャイロにおいて、

光源から光集積回路に至る光ファイバ光学系のうち、光集積回路に接続する端部にはその両偏波モード間で光源光のコヒーレンス長を少なくとも越えるだけの長さLを有する偏波面保存光ファイバが適用され、その長さLの偏波面保存光ファイバの光源側端点と光源とを結ぶ間はすべてシングルモード光ファイバ及びシングルモード光ファイバカプラで構成されていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項2】請求項1に記載の光ファイバジャイロにおいて、

前記光集積回路の光導波路と前記長さLの偏波面保存光ファイバとの接続は、光導波路のTMモード軸と偏波面保存光ファイバの遅相軸とが一致するように軸合わせされていることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【請求項3】請求項1又は2に記載の光ファイバジャイロにおいて、

前記光ファイバコイルはシングルモード光ファイバで構成され、その両端にそれぞれ第1及び第2の偏波面保存光ファイバが接続されてなり、それら両端の偏波面保存光ファイバの偏波軸と前記光集積回路の分岐光導波路の偏波軸とが共に互いに45度傾斜して接続され、その第1の偏波面保存光ファイバは前記長さLに対して少なくとも2L以上、第2の偏波面保存光ファイバは少なくとも4L以上の長さをそれぞれ有していることを特徴とする光ファイバジャイロ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は慣性空間に対する回転を検出する光ファイバジャイロの改良に関するものである。

【0002】**【従来の技術】**

従来のクローズループ方式光ファイバジャイロの構成を図2に示す。

光源から出た光を光ファイバ、光ファイバカプラを介して光集積回路を経由することにより2つの進路に分け、光ファイバコイルの中を時計回り方向（CW方向）と反時計方向（CCW方向）との両方向に光を伝搬させ、角速度入力の変化に対応してCW方向とCCW方向の光に位相差を生じさせると共に光集積回路の二方向の光導波路の一方の導波路に位相変調回路により正弦波変調をかけて得た正弦波位相変調信号と光ファイバカプラを介して受光器により光電変換処理して電気信号を得ると共に検波回路により復調して該電気信号のフィードバック信号発生回路に設けた鋸歯状波発生回路から前記光導波路の他方の導波路に鋸歯状位相変調をかけることにより前記角速度入力に対応し、かつ前記鋸歯状波の位相変調周波数に比例した角速度出力信号を得る（例えば、非特許文献1 参照）。

従来の光ファイバジャイロの光源から光ファイバカプラを介してY分岐ニオブ酸リチウム光導波路からなる光集積回路へ至る光路は偏波面保存光ファイバで構成され、光集積回路からシングルモード光ファイバからなる光ファイバコイルへ至る光路は偏波面保存光ファイバとデポラライザ（45度接続）により構成される。

【0003】**【非特許文献 1】**

SPIE, vol.2292, pp.166~176

【0004】**【発明が解決しようとする課題】**

(光集積回路)

光ファイバジャイロに用いられる基板型光集積回路の典型はプロトン交換法によってY分岐型のニオブ酸リチウムの光学結晶基板に作製される光導波路であり

、これは通常の光導波路において生起するTE（電界成分）、TM（磁界成分）の2つの偏波モードの内、TEモードだけが導波モードとして形成され、TMモードが導波モードとして成立しない性格を利用するものである。すなわちプロトン交換型のニオブ酸リチウムの光導波路は、それ自体極めて消光比の高い偏光子の機能を備える。偏光子の機能を有する基板型の光集積回路において、消光されるべき偏光成分すなわちTMモード光が、実際に伝送モード（TEモード）に結合することなく漏洩されたにも拘わらず、例えば基板の底面に反射して偏波状態の変換（モード変換）が起こりその一部がTM伝送モードに再結合してしまうなどの現象が起こることがある。このような消光モードの伝送モードへの不規則な再結合は、結果的に見かけ上偏光子の消光比不足のように現象し、光ファイバジャイロの出力誤差すなわちバイアスの原因となる。すなわちプロトン交換型の光導波路であれば本来十分の消光比がある筈にも拘わらず、消光不足によるバイアスを見ることがある。

かかるバイアスは、TMモードに対する漏洩再結合光の位相差に依存してその大きさが周期的に変化するため、たとえば光ファイバジャイロの温度試験などにおいては温度勾配にともなう周期変動バイアスとして観測される。光集積回路や光ファイバなどの光学系における光路長の温度変化の係数は、一般に、偏波モード（TE, TMモード）間で差があるからである。

プロトン交換型光導波路基板におけるこのような迷光に関する先行発明として特許第2737030号がある。ただし、この発明のプロトン交換型光導波路は光導波路中における迷光としてTMモード光がモード変換せずにそのまま後続する光ファイバのTM接続の偏波モードに再結合する現象のみを扱っている。

これに対し、本発明はTMモードの迷光が光導波路基板中で不規則な反射などを蒙り、TEモードにモード変換され、後続する光ファイバのTEモード接続成分すなわち主要伝送モードの中に再結合し、その主要モードの信号光と干渉を起こす出力誤差に着目し、光導波路における迷光のなかでも、特にかかるモード変換を経た成分の再結合の影響を抑圧することを目的としている。

【0005】

（光ファイバコイル・光集積回路から光ファイバコイルへ至る光学系）

従来、光ファイバジャイロにおいては、その低コスト化のため、光ファイバコイル部をシングルモード化することが行われている。これはシングルモード光ファイバからなるコイルにデポラライズ機能を付与してコイル内を伝送する光の偏波状態変動に基づく出力バイアス変動を抑圧する技術によって達成されるが、その一つの実施形態として、シングルモード光ファイバコイルの両端に十分の群遅延を生じる長さの偏波面保存光ファイバを接続し、その偏波面保存光ファイバ間の接続を偏波軸45度の傾きで行い（デポラライザ）、光集積回路からコイルに入射する光がその偏波面保存光ファイバを伝送する間に偏光解消するように構成することが行われていた。ここでコイル両端の偏波面保存光ファイバどうしのその群遅延の作用が、片回り光につき両者を通過する際に相殺することにないよう、両端の2本の偏波面保存光ファイバの長さにはさらに偏光解消に必要な長さ単位分以上の長さの差違を設けることが行われる。

【0006】

（光源から光集積回路へ至る光学系）

これは光源出射光は通常部分偏光の状態であり、光源から光ファイバカプラを経由してY分岐型ニオブ酸リチウム光導波路に至る経路において偏波ゆらぎがあった場合にY分岐型ニオブ酸リチウム光導波路のTEモードとTMモード間で相關性のある光波が励振され、TMモードがTEに対してコヒーレントな状態となってしまう。TMモードはプロトン交換法によるニオブ酸リチウム光導波路の場合、光導波路外への漏洩モードとなって消光する漏洩モードが導波路内で再度光導波路に結合した場合に前記の様にTEとTMがコヒーレントな状態の場合、干渉してサニヤック干渉計の出力誤差を生じる。この問題があるために前記のように光源から光カプラを経由してY分岐型のニオブ酸リチウム光導波路に至る光路をシングルモード光ファイバで構成した場合、前記偏波ゆらぎの影響により出力の誤差（ドリフト）が生じるため、全て偏波面保存光ファイバで構成することが一般的であった。

しかし従来構成の光ファイバジャイロにおいては、温度勾配にともなう周期変動バイアスはむしろあまり観測されない、それは光源から光集積回路に至る光学系を、光ファイバカプラを含め偏波面保存光ファイバで構成するからである。

光学系の偏波面保存性は複屈折性によるものであり、偏波面保存光ファイバではその複屈折性のために2つの直交する直線偏波モード間に伝送速度の差違がある。すなわち偏波軸として遅相軸（TMモード）と速相軸（TEモード）とがあり、通常の光ファイバジャイロに用いられるスーパールミネンスダイオード（SLD）のような光源の光のコヒーレンス（可干渉性）に対しては、偏波面保存光ファイバを数10cm伝送すれば両偏波モード光の間に可干渉性はなくなっている。上記のような光集積回路内での消光すべき迷光の不規則な再結合があっても、その迷光と伝送モード光との間に可干渉性がなければバイアスは生じないし、その位相関係に基づく温度依存の周期性もありえない。

【0007】

（試作品の性能試験）

光集積回路とシングルモード光ファイバで構成した光ファイバコイル間の光路を長さ2L、4L（後述する）の偏波面保存光ファイバを用いて構成し、光源から光カプラを経由してY分岐型のニオブ酸リチウム光導波路をシングルモード光ファイバで構成した場合の時間に対する温度変化による出力例（バイアス）を図3に、また、同光路を全て偏波面保存光ファイバで構成した場合の時間に対する温度変化による出力例（バイアス）を図4に示す。

図3及び図4の比較から光源から光ファイバカプラを経由してY分岐型のニオブ酸リチウム光導波路に至る光路を偏波ゆらぎの無い偏波面保存光ファイバで構成した場合にドリフト（バイアス）が抑圧されていることがわかる。

【0008】

（課題）

従来光路に用いられている偏波面保存光ファイバは高価であり、特に偏波面保存光ファイバカプラは2本の光ファイバの偏波軸を揃えて作製する製造工程の不容易からとりわけ高価であるため、生産コスト低減の障害となっていた。発明者らは光ファイバジャイロ光学系の低コスト化のために光源から光集積回路に至る光学系を従来の偏波面保存光学系から安価なシングルモード系に置換することを考えたが、この際これらを単にシングルモード化してしまうと、2つの偏波モード間の可干渉性が失われていないため、上記迷光の再結合による出力バイアスが

発現することを発見した。

本発明は、かかる消光すべき光集積回路内の迷光の再結合による出力バイアスを抑圧しながら光ファイバジャイロ光学系のシングルモード化を図ってそのコストの低減を達成するものである。

また、本発明は、Y分岐型ニオブ酸リチウム光導波路の3箇所のファイバ接続部に短尺の偏波面保存光ファイバを配置することで前述したように光源から光集積回路間での偏波揺らぎの影響を抑えると共に光ファイバコイル部でのシングルモード光ファイバの使用を可能としたものである。

【0009】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の光ファイバジャイロは、光集積回路の光源側に接続された偏波面保存ファイバはその複屈折性により偏波面保存ファイバ伝搬により直交成分間に群遅延を与え、群遅延時間差が光のコヒーレント時間より大きくなつた場合は直交成分間に相関がない状態とする。この状態であれば光源から光ファイバカプラ間を偏波面保存ファイバに代えてシングルモード光ファイバで構成することが可能であり、前記の様にTMモードがTEに対してコヒーレントな状態になつてしまふことを回避することができる。

また、光集積回路の光ファイバコイル側に接続された2本の偏波面保存ファイバは途中で固有軸が45度で接続されておりデポラライザとして作用する。このような構成の場合、光ファイバコイルを偏波面保存光ファイバに代えてシングルモード光ファイバで構成することが可能であり（例えば、S P I E, vol. 2292, pp. 166-176 参照）、本発明によればY分岐型のニオブ酸リチウム光導波路の3箇所の光ファイバ接続部のみ短尺の偏波面保存光ファイバで構成することでそれ以外の光路と光ファイバコイルをシングルモード光ファイバで構成することが可能である。

【0010】

【発明の実施の形態】

本発明は、光源から光集積回路（Y分岐型ニオブ酸リチウム光導波路）へ至る光学系に短尺の偏波面保存光ファイバを配置することで前述した光源から光集積

回路間での偏波揺らぎの影響を抑えると共に光集積回路から光ファイバコイルへ至る光学系に短尺の偏波面保存光ファイバとデポラライザを配置することで光ファイバコイルとしてシングルモード光ファイバの使用を可能にする。

さらにそれぞれ当該接合部位からシングルモード光ファイバによる光ファイバコイルとの接続点までの長さが偏波面保存光ファイバの直交軸で生じる位相遅れが少なくとも光のコヒーレント長より大きくなるものであるためには、下記の条件を満たすように偏波面保存光ファイバの長さを設定すればよく、容易に具現化できる。

$$L_{\lambda} / B > L_c$$

ここでBはビート長（典型値2mm）、 λ は光の波長（典型値0.83 μ m）、 L_c は光のコヒーレント長（FOGの典型値50 μ m）を示し、以上の典型値の場合に $L > 0.12m$ である。

上記式において、 L / B は直交成分の伝送速度の違いによる位相差を表し、 L_{λ} / B は直交成分のwave front間の距離を表し、これがコヒーレント長 L_c より大きくすれば偏波揺らぎの影響を抑えることができるこを意味している。

【0011】

図2を参照して本発明の光ファイバジャイロの構成例を説明する。

光ファイバジャイロは、光源からの光を光ファイバに入射せしめ、光ファイバカプラを通過させて偏光子の機能と分岐光導波路とを有する基板型光集積回路（Y分岐型ニオブ酸リチウム光導波路）に導入し、その光集積回路で分岐された光を光ファイバコイルの両端に右回り光及び左回り光として入射させ、光ファイバコイルを伝搬したその両光を光集積回路で再び合波し干渉させ、その干渉光を光ファイバカプラから受光器に導入してその強度を電気信号に変換し、その電気信号から光ファイバコイルの軸方向回りに印加される回転角速度を検出する。この光ファイバジャイロの動作は、図1に示した従来の光ファイバジャイロの動作説明と同様である。

光ファイバジャイロにおいて、光源から光集積回路に至る光ファイバ光学系のうち、光集積回路に接続する端部にはその両偏波モード間で光源光のコヒーレント時間を少なくとも越えるだけの長さ L を有する偏波面保存光ファイバが適用さ

れ、その長さ L の偏波面保存光ファイバの光源側端点と光源とを結ぶ間はすべてシングルモード光ファイバ及びシングルモード光ファイバカプラで構成される。

また、前記光集積回路の光導波路と前記長さ L の偏波面保存光ファイバとの接続は、光導波路の TM モード軸と偏波面保存光ファイバの遅延軸 (TM) とが一致するように軸合わせ (すなわち、偏波面が一致している) されている。

なお光集積回路内の TM (消光モードであり迷光成分)、TE 両モード間で生じる遅延についても、同様の趣旨においてこれが偏波面保存光ファイバの群遅延の作用に対する相殺作用を奏することを避ける必要から、光ファイバと光集積回路の導波路との接合は、遅相軸 (TM) どうし、速相軸 (TE) どうしを一致させるよう配慮する必要がある。

さらに、前記光ファイバコイルはシングルモード光ファイバから構成され、この両端にそれぞれ第 1 及び第 2 の偏波面保存光ファイバが接続されてなり、それら両端の偏波面保存光ファイバの偏波軸と前記光集積回路の分岐光導波路の偏波軸とが共に互いに 45 度傾斜して接続され (デポラライザ)、その第 1 の偏波面保存光ファイバは前記長さ L に対して少なくとも $2L$ 以上、第 2 の偏波面保存光ファイバは少なくとも $4L$ 以上の長さをそれぞれ有している。従って、光源光のコヒーレンスに対して十分の群遅延を生じる偏波面保存光ファイバの長さの 1 単位を L とすれば、それを $1L$ 、 $2L$ および $4L$ 以上の長さでこれらを作製することで、バイアスの完全に抑圧されたシングルモード光学系を主とする安価な光ファイバジャイロが実現する。

【0012】

本発明は光ファイバコイルとしてシングルモード光ファイバ以外のものも利用可能であるが、その低コスト化の趣旨からして、シングルモード光ファイバコイル型の光ファイバジャイロに適用されることを好適とする。この際、コイル内の偏光解消の機能を果たす偏波面保存光ファイバと本発明の特徴部となる光集積回路の光源側に適用される偏波面保存光ファイバとの間で、さらに上記と同様の群遅延作用の相殺が一部でも起こらないように、これら 3 者の間にも十分の長さの差異を設けておく。

尚、クローズループ方式光ファイバジャイロを用いて実施例を説明したが本発

明はオープンループ方式光ファイバジャイロにおいても同様に適用が可能である。

また、実施例では、集積回路としてY分岐型ニオブ酸リチウム光導波路を用いて説明したが、例えば両偏波モードを伝送するチタン拡散型のニオブ酸リチウムの光導波路の一部に局所的なデバイスとしての何らかの偏光子を組み込んで構成された光集積回路を用いることもできる。

【0013】

【発明の効果】

以上説明したように、光源から光集積回路に至る光ファイバ光学系のうち、光集積回路に接続する端部には、その両偏波モード間で光源光のコヒーレンス時間を少なくとも越えるだけの群遅延時間差を生じる長さLを有する偏波面保存光ファイバが適用され、その長さLの偏波面保存光ファイバの光源側端点と光源とを結ぶ間はすべてシングルモード光ファイバ及びシングルモード光ファイバカプラで構成することにより、従来の光源から光ICに至る光ファイバ光学系を高価な偏波面保存光ファイバを使用したFOGバイアス性能（図5参照）に比べて遜色のないFOGバイアス性能（図6参照）を有し、安価な光ファイバジャイロを提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

本発明のクローズループ方式光ファイバジャイロの構成例を示す図。

【図2】

従来のクローズループ方式光ファイバジャイロの構成を示す図。

【図3】

光源から光集積回路に至るまでの光ファイバ光学系を全てシングルモード光ファイバで構成した光ファイバジャイロの温度試験結果（温度変化に対するバイアスの変化）を示す図。

【図4】

光源から光集積回路に至るまでの光ファイバ光学系の光源側光ファイバの一部を不十分な長さ（20cm程度）だけ偏波面保存光ファイバに置換した光ファイバジ

ヤイロの温度試験結果（温度変化に対するバイアスの変化）を示す図。

【図5】

光源から光集積回路に至るまでの光ファイバ光学系を全て偏波面保存光ファイバで構成した光ファイバジャイロの温度試験結果（温度変化に対するバイアスの変化）を示す図。

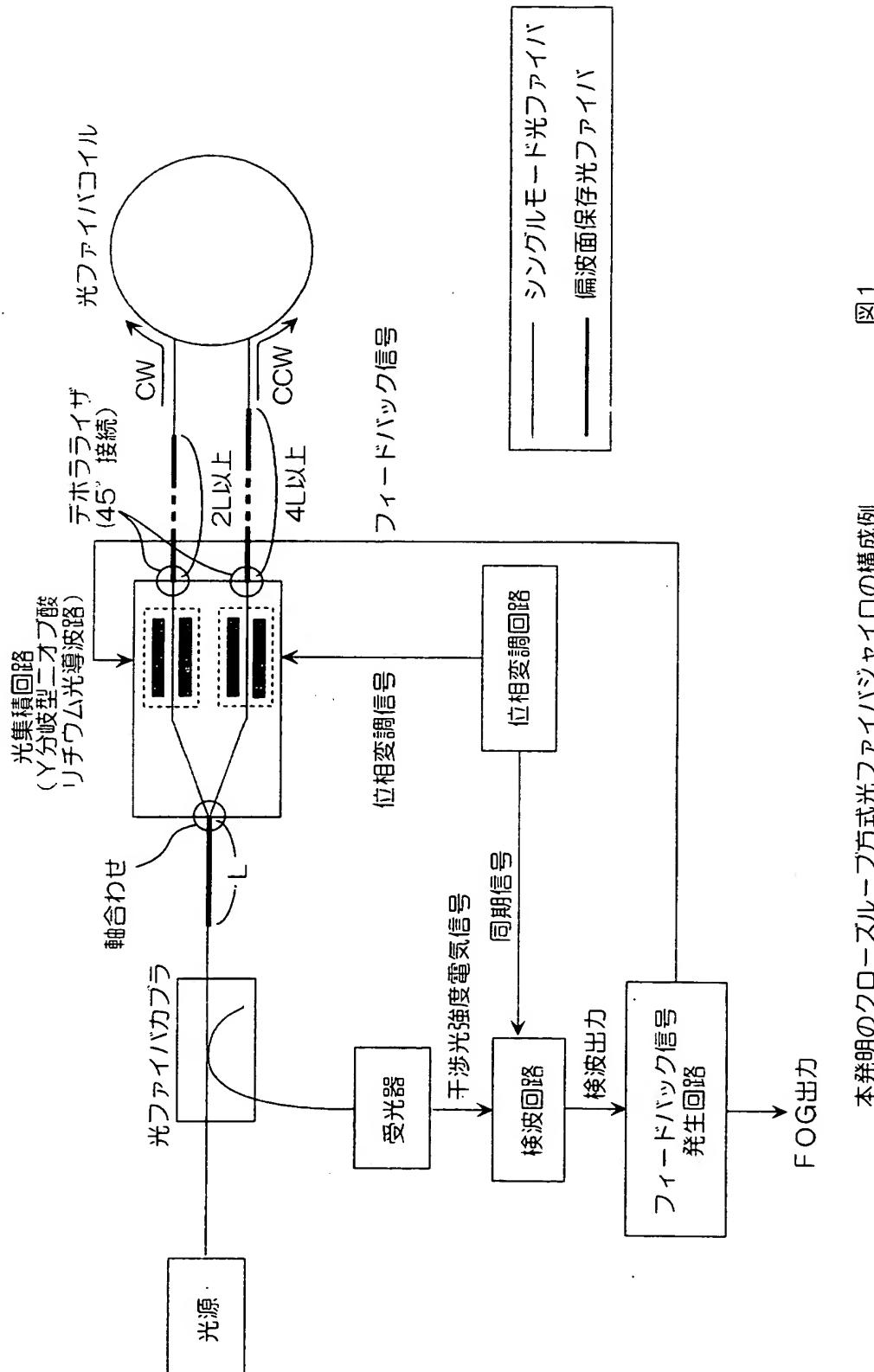
【図6】

本発明の光源から光ICに至るまでの光ファイバ光学系の光源側光ファイバの一部を十分な長さ（1m程度）とした偏波面保存光ファイバを用いた光ファイバジャイロの温度試験結果（温度変化に対するバイアスの変化）を示す図。

【書類名】

四面

【図 1】



一
三

本発明のクローズループ方式光ファイバジャイロの構成例

【図2】

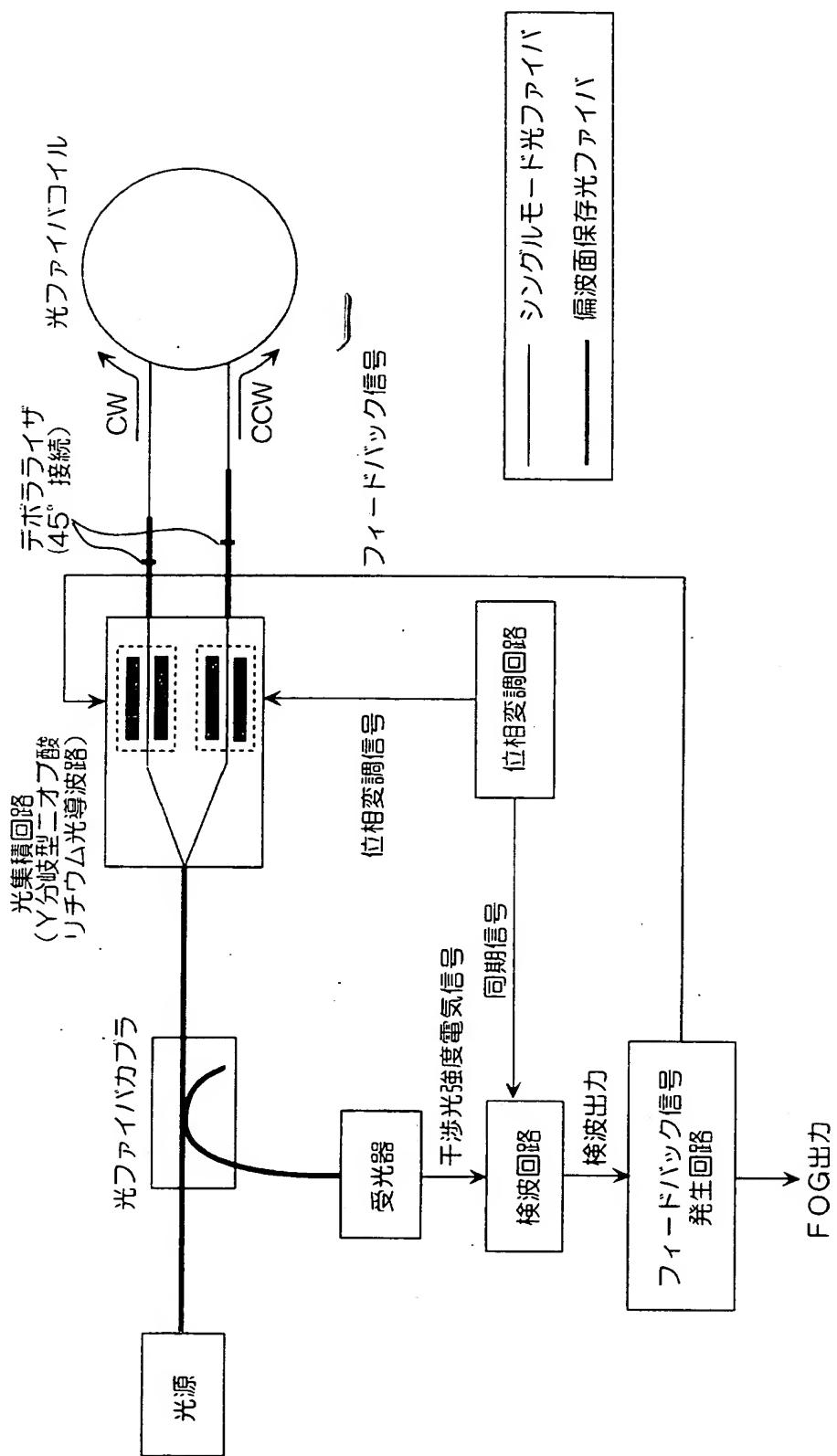
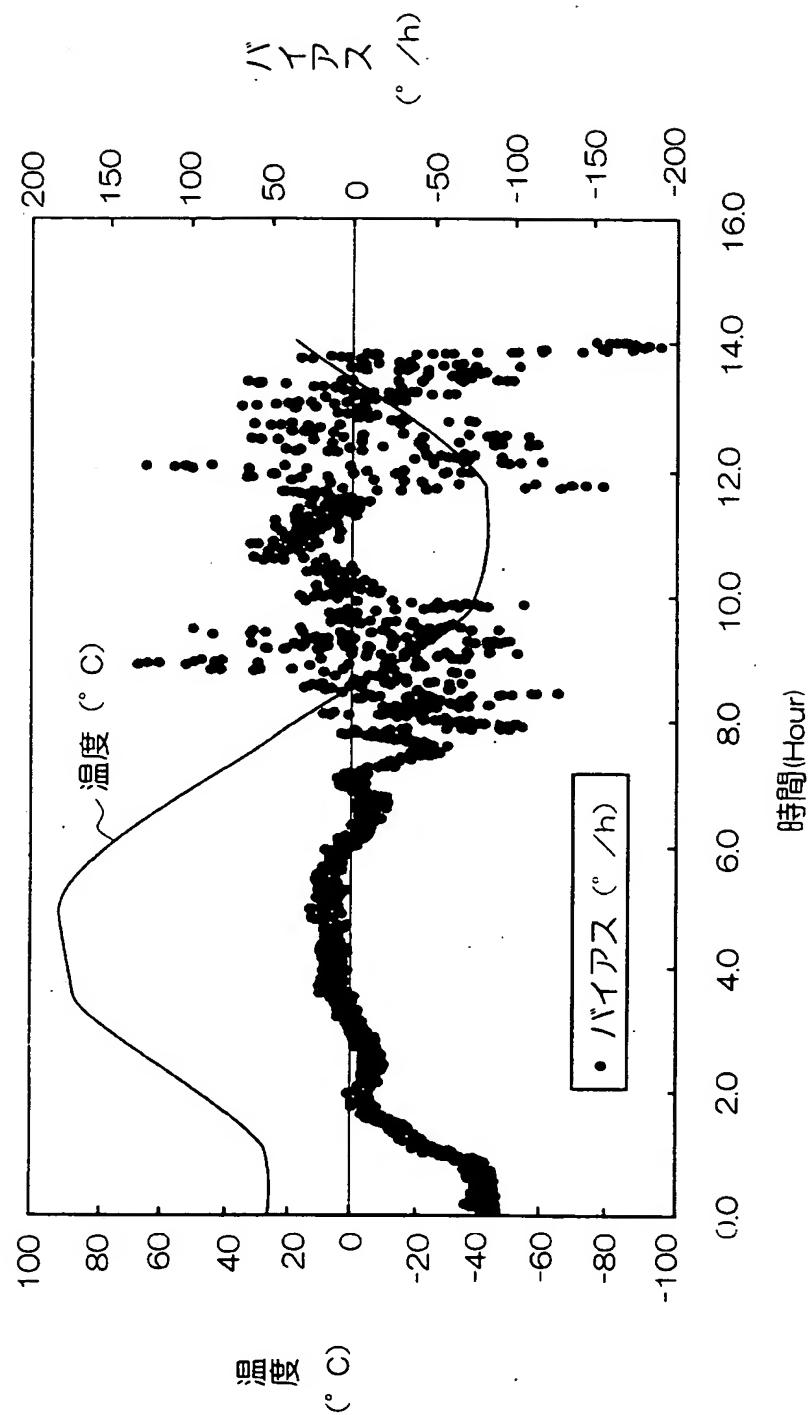


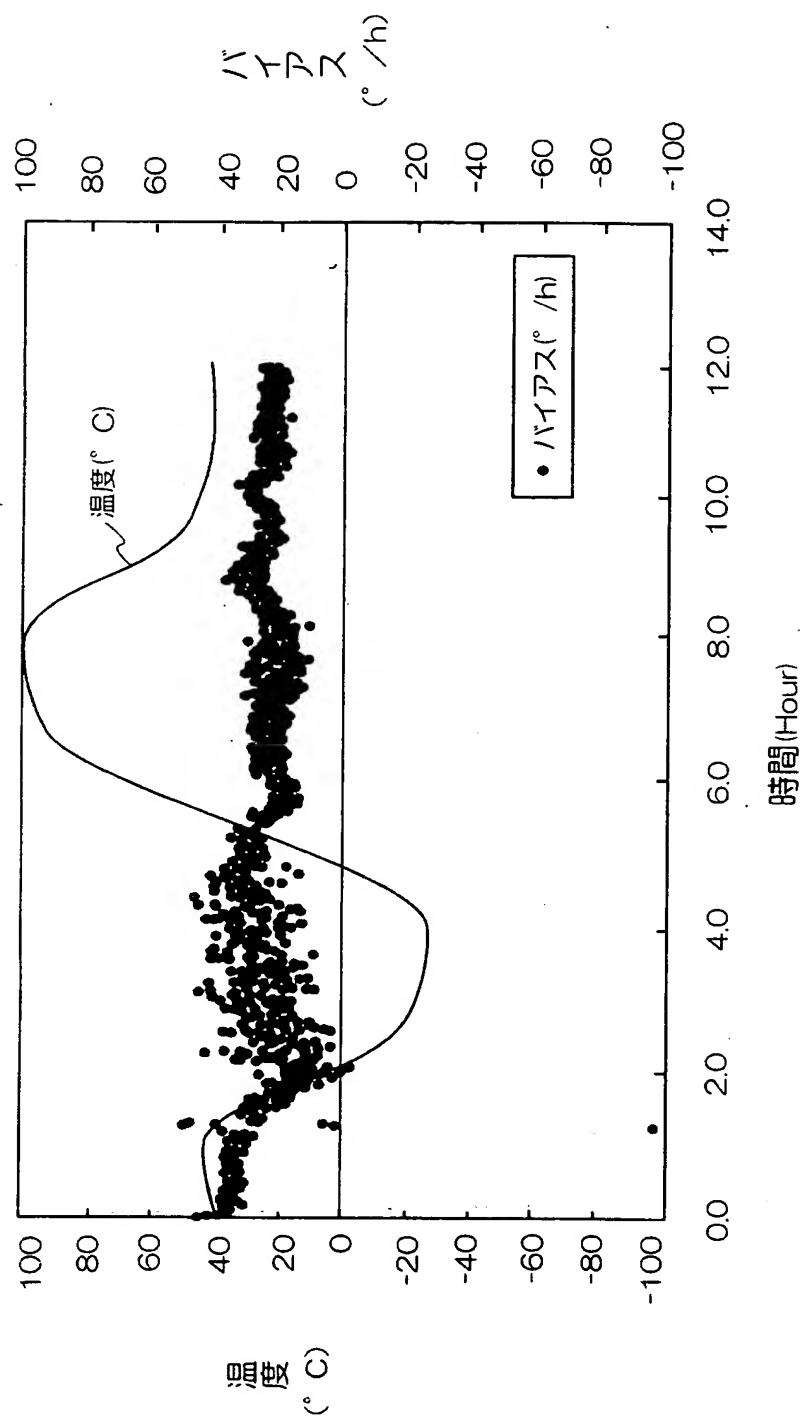
図2

従来のクローズルーフ方式光ファイバジャイロの構成

【図3】



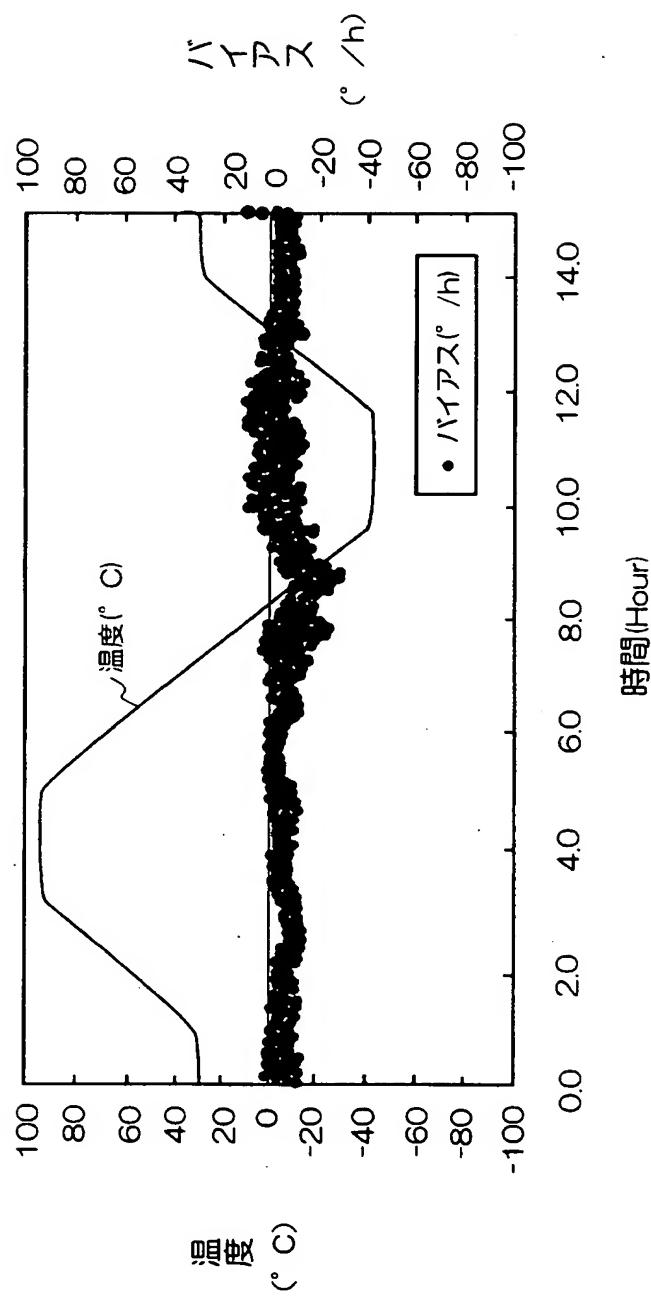
【図4】



温度試験（光源から光集積回路までの光路の一部を不十分の長さの偏波面保存光ファイバで構成）

図4

【図 5】



【図 6】

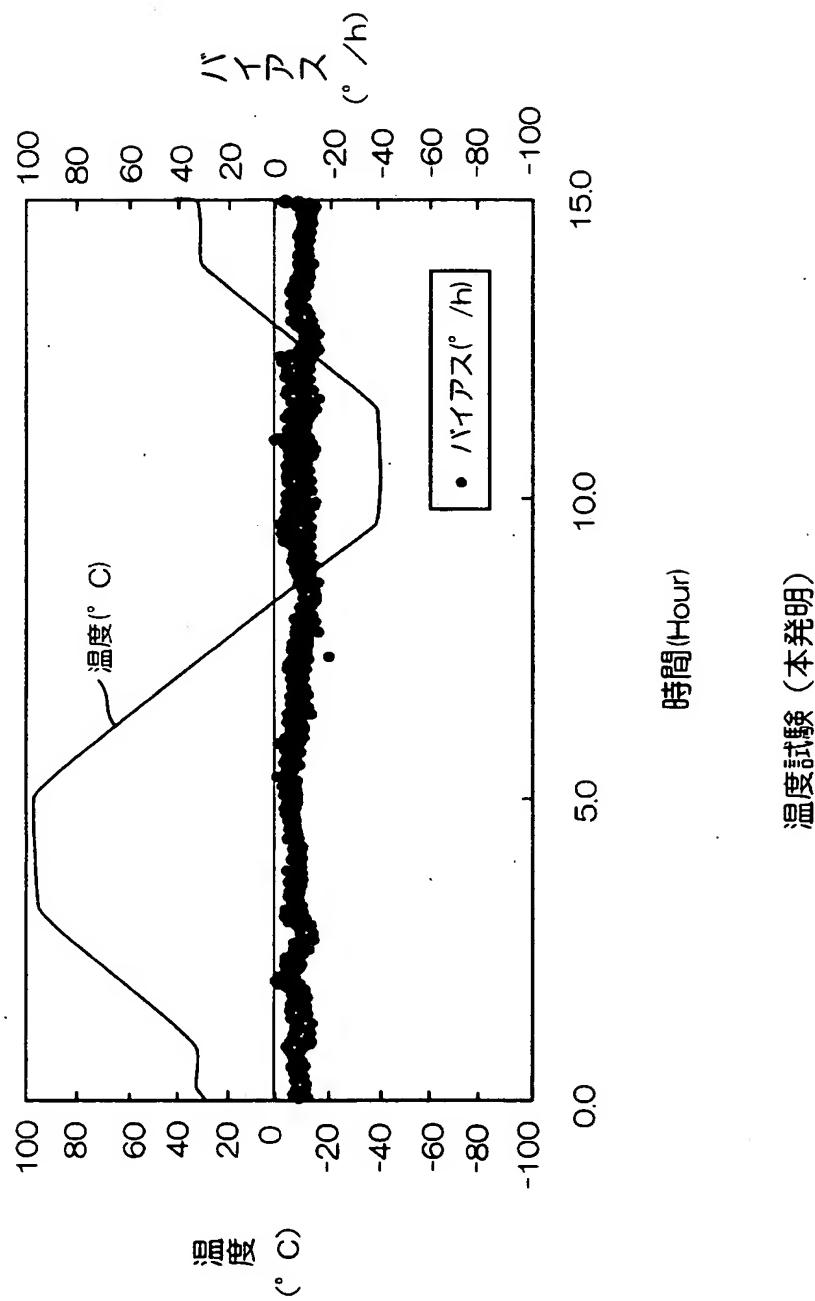


図6

温度試験 (本発明)

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光源から光集積回路間の偏波揺らぎの影響を抑えると共に光ファイバコイルのシングルモード光ファイバの使用を可能とし、性能劣化がなく低価格の光ファイバジャイロを提供する。

【解決手段】 光源、光カプラ、偏光子の機能と分岐光導波路とを有する光集積回路、光ファイバコイルを備え、光ファイバコイルの軸方向回りに印加される回転角速度を検出する光ファイバジャイロにおいて、光源から光集積回路に至る光ファイバ光学系のうち、光集積回路に接続する端部にはその両偏波モード間で光源光のコヒーレンス長を少なくとも越えるだけの長さ L を有する偏波面保存光ファイバが適用され、その長さ L の偏波面保存光ファイバの光源側端点と光源とを結ぶ間はすべてシングルモード光ファイバ及びシングルモードファイバカプラで構成する。

【選択図】 図 1

特願2002-319872

出願人履歴情報

識別番号 [000231073]

1. 変更年月日 1995年 7月 5日
[変更理由] 住所変更
住 所 東京都渋谷区道玄坂1丁目21番2号
氏 名 日本航空電子工業株式会社